

**UNTERSUCHUNGEN ZUR ABHÄNGIGKEIT DER SPERMIEN-  
MOTILITÄT BEI DER TIEFKÜHLKONSERVIERUNG VON DER  
ADAPTATIONSZEIT UND ZUM PROBLEM DES  
ABRIEBSPERMAS**

von

**Rainer Rudofsky**

aus

**Steinmühle**

1976 # 203



Digitized by the Internet Archive  
in 2026

[https://archive.org/details/IA41546221\\_0073](https://archive.org/details/IA41546221_0073)





Aus der Frauenklinik  
der Universität Erlangen-Nürnberg  
Direktor: Professor Dr. med. K. G. Ober

---

**UNTERSUCHUNGEN ZUR ABHÄNGIGKEIT DER SPERMIIEN -  
MOTILITÄT BEI DER TIEFKÜHLKONSERVIERUNG VON DER  
ADAPTATIONSZEIT UND ZUM PROBLEM DES  
ABRIEBSPERMAS**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde  
dem Fachbereich Medizin  
der Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt  
von  
**Rainer Rudofsky**  
aus  
**Steinmühle**

Gedruckt mit Erlaubnis des Fachbereichs Medizin  
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. E. Rügheimer

Referent: Dr. K. G. Bregulla

Korreferent: Prof. Dr. K.-G. Ober

Tag der mündlichen Prüfung: 16. Februar 1976

## Inhalt

### ADAPTATIONSZEIT

|                                           |         |
|-------------------------------------------|---------|
| Einleitung                                | Seite 1 |
| Methodik der<br>Adaptationszeitbestimmung | Seite 2 |
| Ergebnisse                                | Seite 3 |

### ABRIEBSPERMA

|                                                         |         |
|---------------------------------------------------------|---------|
| Allgemeine Daten                                        | Seite 5 |
| Methodik und Ergebnis<br>der Abriebspermabestimmung     | Seite 6 |
| Anhang<br>Tabellen, Abbildungen<br>Literaturverzeichnis |         |



## ADAPTATIONSZEIT

### Einleitung

Die Tiefkühlkonservierung des Spermas ist in der Veterinärmedizin so ausgefeilt, daß zumindest bei der Rinderbesamung in der Erfolgsrate zwischen dem Nativ- und dem Kryosperma kein wesentlicher Unterschied mehr besteht.(11) Wirtschaftliche und züchterische Probleme sprechen eindeutig für das Gefriersperma. Wenn in der Humanmedizin die Tiefkühlkonservierung menschlichen Spermas nicht im gleichen Umfang geübt wird, so gibt es dafür verständliche Gründe. Letztlich sind aber Situationen, in denen qualitativ gutes Kryosperma sinnvoll wäre, denkbar, etwa bei der heterologen Insemination oder prophylaktischen Spermakonservierung für Männer, die in fertilitätsgefährdeten Berufen tätig sind oder bei einer Hodenerkrankung cytostatisch oder chirurgisch behandelt werden müssen. Dann könnten täglich wechselnde, homologe Inseminationen mit Nativ- und Kryosperma um die Ovulation, die medikamentös provoziert wurde, die Chancen einer Schwangerschaft erhöhen. Auch das Sammeln oligozoospermer oder vom Volumen her sehr kleiner Ejakulate wäre zu überlegen. Man könnte sie um den Ovulationstermin allein oder wieder mit Nativsperma wechselnd verwenden.(1,2,5,8,13,14)

Diese Überlegungen sind nicht erst heute gemacht worden. Sie zu realisieren ist bis jetzt an der mangelnden Qualität des menschlichen Kryospermas gescheitert. Berücksichtigt man als wichtigsten Parameter die Motilität, dann kann man durch das Einfrieren einen Verlust der Motilitätsrate zwischen 30 und 70 % beobachten. Auch das gab es oder gibt es noch für das Sperma verschiedener Tierrassen. Die Verbesserung des tierischen Kryospermas war

aber durch ganz gezielte Laboruntersuchungen möglich.  
Das sollte auch für die Humanmedizin zutreffen.

Bei der Herstellung des Kryospermas gibt es eine Anzahl wichtiger Daten. Viele sind noch unbekannt (Abb. 1).(3,4)  
Greift man aus diesem Geschehen die Adaptationszeit heraus, so ist das nur ein kleiner Baustein, der aber mit dem besten Ergebnis in ein Gefüge eingeschoben, doch am Ende ein Resultat verbessern könnte.

Als Adaptationszeit wird die Zeit beschrieben, die notwendig ist, damit das protektive Medium seine Wirkung intra- und extrazellulär für den Einfriervorgang voll entfalten kann.

#### Methodik

11 nach andrologischen Kriterien unausgesuchte Ejakulate von 9 Studenten (Alter 23 bis 29 Jahre, Karenzzeit 2,5 bis 9 Tage), wurden nach der Verflüssigung (15 bis 20 Minuten) aufgearbeitet. Neben der Ejakulatmenge (1,5 bis 5 ml) wurde die Spermienzahl pro ml (7,2 bis 117 Mill) und die Ausgangsmotilität = AM (25 bis 93 %) bestimmt. Als Medium für das Einfrieren kam tropfenweise ein Natriumzitrat-Glyzerin-Eidotter-Verdüner, wie ihn Behrman und Sawada beschrieben haben, im Verhältnis 1:1 zum Sperma hinzu. Jedes Ejakulat wurde in Pailletten (Volumen 0,1 ml) aufgezogen und die Pailletten mit Polyvinylalkoholpuder, der im Wasserbad polymerisierte, verschlossen.

Aus einem Ejakulat konnten auf diese Weise 15 - 50 Minipailletten gefüllt werden. Die Aufarbeitung des Spermas geschah in 10 bis 15 Minuten bei Raumtemperatur von + 22 Grad C. Die Pailletten kamen dann bei + 4 Grad C

zur Adaptation in einen KÜHLSCHRANK. Nach einer Adaptationszeit von 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 Minuten, bis zu 12 Stunden in stündlichem Abstand und nach insgesamt 24 Stunden wurden die einzelnen Gruppen der Pailletten in einem Einfriergerät auf -80 Grad C stufenweise abgekühlt. Die Abkühlrate betrug von +4 Grad C auf -20 Grad C 5 Grad C pro Minute und von -20 Grad C auf -80 Grad C 10 Grad C pro Minute. Nach der Abkühlung auf -80 Grad C wurden die Pailletten direkt in flüssigem Stickstoff umgesetzt. Die Endmotilität = EM wurde etwa nach 7-tägiger Lagerung im Container und nach Auftauen im Wasserbad bei Zimmertemperatur bestimmt.

Die in den Tabellen angegebenen Motilitätsraten sind im Einzelwert jeweils der Mittelwert von vier Zählungen.

### Ergebnisse

Die Ausgangsmotilität (AM), die Endmotilität (EM) und die Recoveryrate (EM bezogen auf 100 % AM) der einzelnen Ejakulate wurden abhängig von der Adaptationszeit tabellarisch zusammengefaßt (Tab. 1-10) und der Durchschnittswert aller Recoveryraten graphisch in Tab. 11 dargestellt. Nach dem Friedman-Test (Tab. 12) wurde untersucht, wie weit signifikante Unterschiede der Recoveryraten bei den einzelnen Adaptationszeiten vorliegen. Zur Sicherung des Friedman-Testes ist noch, da nur 9 Personen das Kollektiv bildeten, die Korrekturformel nach Kendall-Smith angewandt worden. Danach bestehen Unterschiede der Recoveryraten bei den untersuchten Adaptationszeiten. Die Prüfgröße ist annähernd  $\chi^2$  verteilt mit k-1 (k=6) Freiheitsgraden. Die Tabellenwerte für

|                               |        |
|-------------------------------|--------|
| $\chi^2_{(5FG; \alpha=10\%)}$ | = 21,7 |
| $\chi^2_{(5FG; \alpha=5\%)}$  | = 23,8 |
| $\chi^2_{(5FG; \alpha=1\%)}$  | = 28,1 |

werden überschritten.

Das Ergebnis ist also selbst bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1 % gesichert für die Reihenfolge:

1. Adaptationszeit: 30 min.
2. Adaptationszeit: 0 min.
3. Adaptationszeit: 60 min.
4. Adaptationszeit: 90 min.
5. Adaptationszeit: 2 Std.
6. Adaptationszeit: 8 Std.

Zusätzlich läßt noch der Wilcoxon-Wilcox-Test paarweise Vergleiche zwischen jeweils zwei Adaptationszeiten zu (Tab. 13). Es sind die Grunddifferenzen für 5 %, 1 % und 0,1 % angegeben (Tab. 13). Auch hier finden sich zwischen den verschiedenen Adaptationszeiten gesicherte Unterschiede bis auf die Werte 0 min. und 30 min.

Für die Praxis läßt sich daraus ableiten, daß es nicht gleichgültig ist, wie lange das aufgearbeitete Sperma vor der Tiefkühlkonservierung bei +4 Grad C adaptiert wird.

Mit einer optimalen Motilität des Kryospermas kann nur gerechnet werden, wenn die Adaptationszeiten zwischen 0 min und 30 min. liegen. Längere Adaptationszeiten verschlechtern die Motilitätsraten.

Aus technischen Gründen war das Maximum für eine gute Adaptationszeit nicht stärker einzuschränken, da das adaptierte Sperma im Einfriergerät nur in 20 minütigen Abständen eingefroren werden konnte. Ob in diesem Bereich ein Wert liegt, der aus den genannten Daten ausbricht, ist kaum anzunehmen, bleibt aber letztlich unklar.

## ABRIEBSPERMA

### Allgemeine Daten

Kryosperma kann verschieden abgefüllt gelagert werden. Ampulle, Pailletten und Pellet sind die häufigsten Verpackungsarten. Das Pellet liefert, soweit man Motilitätsraten berücksichtigt, die besten Ergebnisse bei der Spermatiefkühlkonservierung. Beim Pellet liegt das Sperma nicht isoliert im flüssigen Stickstoff. Bewegen sich die Spermakugeln gegeneinander oder an den Flächen des Behälters, so können entweder Spermateile oder ganze Spermien abgerieben werden. Dieses Abriebsperma ist in der Veterinärmedizin bekannt. Die abriebsichere Lagerung wird damit notwendig, um die Identität zu wahren. (6,7,9,10,12)

In der Literatur ist zum Problem des Abriebspermas in der Humanmedizin bis jetzt noch nichts gesagt worden. Die Möglichkeit des Abriebspermas wird von den Humanmedizinern, die Sperma einfrieren, sehr niedrig geschätzt. Das ist keine ausreichende Sicherheit. Zahlen sollten diese Frage beantworten.

Ganz allgemein kann angenommen werden, daß die Menge des Abriebspermas bestimmt wird durch die Größe der Oberfläche des Pellets, der Beziehung der Pellets zueinander, der Erschütterungen während der Lagerung und von der Oberflächenbeschaffenheit der Lagerungsbehälter im Container.

Da sich die Spermien verschiedener Säugetiere und des Menschen in der Beschaffenheit der Kopf- und Schwanzteile auffällig unterscheiden, war nicht nur interessant, ob einzelne Spermien ganz oder fragmentiert abgerieben wurden, es interessierte vielmehr auch bei denen, die in der Form unzerstört aus dem Pellet gelöst wurden, ob es sich noch um motile also befruchtungsfähige Spermien handelte.

## Methodik und Ergebnisse

3 Ejakulate wurden für die Tiefkühlkonservierung nach ihrer Verflüssigung mit einem Einfriermedium, wie es im ersten Abschnitt beschrieben wurde, vermischt. In vorgeformten Kohlensäureschneepellets (-79 Grad C) wurden dann daraus Pellets mit einem Volumen von 0,2 ml gefroren. Aus einem Gemisch von Ringerlösung und Plasmaproteinlösung wurden auf die gleiche Weise und in gleicher Größe Leerpellets gefroren. Von beiden Pelletarten kamen je 10 Pellets auf den Boden eines Thermosgefäßes, wurden mit 1/2 Liter flüssigen Stickstoff übergossen und anschließend in einer Schüttelapparatur 30 Minuten, 1 Stunde und 2 Stunden geschüttelt. Nach der angegebenen Zeit kamen die Spermapellets aus dem Gefäß heraus der Stickstoff verdampfte und mit der Erwärmung blieben die Abriebspermien in den Leerpellets, die sich verflüssigten, zurück.

Unter dem Mikroskop konnten dann in dem Gemisch aus Ringer- und Plasmaproteinlösung Spermien ausgezählt werden (siehe unten). Konzentriert man die Spermien in der Lösung durch Zentrifugieren bei 2000 Umdrehungen für 5 Minuten so ergeben sich andere Daten:

| Schüttelzeit | nicht zentrifugiertes<br>Medium | zentrifugiertes<br>Medium       |
|--------------|---------------------------------|---------------------------------|
|              | (6 Zählungen/Schüttel-<br>zeit) | (6 Zählungen/Schüttel-<br>zeit) |
| 1/2 Stunde   | 0 Spermien/ml                   | 400 Spermien/ml                 |
| 1 Stunde     | 0 Spermien/ml                   | 400 Spermien/ml                 |
| 2 Stunden    | 400 Spermien/ml                 | 1200 Spermien/ml                |

Nach diesen Untersuchungen ist die Existenz des Abriebspermas bei dem humanen Kryosperma, das in Pelletform gelagert wird, sicher. Die Menge der Abriebspermien ist abhängig von der Schüttelzeit. In der Praxis müßte die

Erschütterung im Labor oder während des Transportes der Schüttelzeit entsprechen.

Von den untersuchten Abriebspermien waren 75 % motil. Die Motilitätsrate ist sehr hoch, wenn man sie mit der Motilität der aufgetauten Spermapellets vergleicht. Diese Differenz ist zu erklären. In diesem Versuch wurden nur in ihrer Form erhaltene Samenfäden gewertet. Fragmente der Kopf- oder Schwanzstücke blieben unberücksichtigt. In ungefärbten Präparaten wäre eine genaue Aussage dazu nicht möglich.

Es besteht also kein Zweifel daran, daß auch in der Humanmedizin Spermapellets unterschiedlicher Ejakulate gut isoliert von einander in flüssigem Stickstoff gelagert werden müssen, um eine Verunreinigung mit Abriebsperma zu verhindern.



Abb.1

Herstellung des Kryospermas

Nativsperma(keimarm)

Verflüssigung

Verdünnung mit dem protekt.Medium  
Verh.Sperma zu protekt.Medium

Art d.protekt.Mediums    
Glyzerin  
DMSO  
FVP  
Dextrane

Verpackung   
Ampulle  
Paillette  
Pellet

Vol.d.Einzelportion

Adaptationszeit

Zeit  
Temperatur

↓  
Einfrieren

Kühlrate  
Horizontal-Vertikalgefrierung  
temp.konstant,variabel

Lagerung

Dauer  
Temp.

Auftauen

Geschwindigkeit

Applikation

Kalt-warmbesamung  
para-intrazervikal,intrauterin

Tabelle: 1  
Sender: 1

Endmotilität: %

EM-

Mittelwert % Recovery %

|            |    |    |    |    |    |     |      |      |       |    |
|------------|----|----|----|----|----|-----|------|------|-------|----|
| 15min      | 48 | 47 | 47 | 45 | 31 | 38  | 40   | 39   | 41,87 | 49 |
| 42min      | 23 | 30 | 27 | 26 | 32 | 25  | 29   | 26   | 27,25 | 32 |
| 1Std 5min  | 27 | 28 | 31 | 28 | 27 | 30  | 29   | 28   | 28,5  | 34 |
| 1Std 45min | 14 | 17 | 19 | 25 | 20 | 19  | 23   | 20   | 19,62 | 23 |
| 2Std 28min | 15 | 19 | 15 | 17 | 19 | 20  | 17   | 18   | 17,5  | 21 |
| 3Std 23min | 16 | 20 | 17 | 19 | 15 | 12  | 16   | 17   | 16,5  | 19 |
| 3Std 45min | 16 | 18 | 16 | 18 | 10 | 8,5 | 17,5 | 12,5 | 14,56 | 17 |
| 4Std 45min | 12 | 11 | 10 | 10 | 13 | 9   | 10   | 10   | 10,7  | 13 |
| 5Std 45min | 7  | 7  | 10 | 6  | 14 | 10  | 7    | 8    | 8,62  | 10 |
| 6Std 45min | 9  | 8  | 8  | 12 | 12 | 10  | 12   | 9    | 9,75  | 11 |
| 7Std 45min | 7  | 8  | 10 | 9  | 8  | 6   | 7    | 7    | 7,75  | 9  |
| 8Std 45min | 13 | 15 | 12 | 17 | 12 | 9   | 10   | 9    | 12,   | 14 |

Karenz: 4 Tage  
AM: 85%

Ejakulatmenge: 5 ml  
Spermienzahl/ml: 30,5 Mio.

Tabelle: 2  
Spender: 2

Endmotilität: %

EW-Mittelwert %  
Recovery %

|        |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |
|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|----|
| 0 min  | 34 | 33 | 24 | 38 | 37 | 34 | 36 | 36 | 35,25 | 44 |
| 30 min | 44 | 42 | 42 | 38 | 44 | 37 | 39 | 47 | 41,62 | 52 |
| 60 min | 27 | 28 | 32 | 32 | 36 | 31 | 28 | 30 | 35    | 43 |
| 90 min | 34 | 33 | 33 | 32 | 31 | 34 | 33 | 31 | 32,62 | 40 |
| 2 Std  | 19 | 22 | 19 | 23 | 23 | 25 | 22 | 23 | 22    | 27 |
| 3 Std  | 22 | 19 | 21 | 18 | 19 | 15 | 20 | 19 | 19,5  | 24 |
| 4 Std  | 18 | 21 | 20 | 18 | 19 | 21 | 20 | 18 | 19,12 | 23 |
| 5 Std  | 20 | 15 | 14 | 15 | 14 | 18 | 20 | 17 | 16,62 | 20 |
| 6 Std  | 18 | 18 | 13 | 13 | 16 | 17 | 19 | 16 | 16,25 | 20 |
| 7 Std  | 14 | 15 | 17 | 14 | 14 | 11 | 10 | 15 | 13,75 | 17 |
| 8 Std  | 17 | 17 | 11 | 18 | 17 | 10 | 11 | 15 | 15,5  | 19 |
| 9 Std  | 11 | 15 | 11 | 12 | 15 | 11 | 12 | 14 | 12,62 | 15 |
| 10 Std | 11 | 13 | 10 | 11 | 12 | 14 | 12 | 13 | 12,   | 15 |
| 11 Std | 11 | 13 | 9  | 10 | 9  | 8  | 9  |    | 11,37 | 14 |
| 12 Std | 8  | 10 | 10 | 7  | 11 | 13 | 13 | 11 | 10,37 | 12 |
| 24 Std | 4  | 3  | 4  | 4  | 4  | 3  | 2  | 3  | 3,62  | 4  |

Karenz: 3 Tage  
AM: 80%

Ejakulatmenge: 2 ml  
Spermienzahl/ml: 117 Mio.

Tabelle: 3  
Spender: 3

Endmotilität: %

EM-

Mittelwert  
% Recovery

|        |    |     |      |      |     |     |    |     |       |    |
|--------|----|-----|------|------|-----|-----|----|-----|-------|----|
| 10 min | 15 | 10  | 13   | 11   | 9   | 10  | 10 | 12  | 11,25 | 45 |
| 30 min | 14 | 11  | 7    | 11   | 12  | 10  | 14 | 13  | 11,5  | 46 |
| 60 min | 10 | 8,5 | 17,5 | 12,5 | 7   | 14  | 14 | 12  | 11,93 | 47 |
| 90 min | 5  | 5   | 5    | 12   | 7   | 5   | 11 | 8   | 8     | 32 |
| 2 Std  | 6  | 4   | 5    | 5    | 7   | 9   | 8  | 9   | 6,62  | 22 |
| 3 Std  | 5  | 5   | 6    | 4    | 6   | 4   | 5  | 7   | 5,5   | 22 |
| 4 Std  | 4  | 7   | 7    | 4    | 6   | 7   | 7  | 4   | 6,43  | 35 |
| 5 Std  | 6  | 8   | 4    | 6    | 3   | 7   | 5  | 4   | 5,37  | 21 |
| 6 Std  | 6  | 3   | 8    | 4    | 5   | 3   | 4  | 2   | 4,37  | 17 |
| 7 Std  | 4  | 4   | 5    | 7    | 5   | 3   | 5  | 3   | 5,04  | 20 |
| 8 Std  | 6  | 3   | 2    | 2    | 2   | 4   |    | 2   | 3     | 12 |
| 9 Std  | 5  | 2   | 4    | 5    | 4   | 3   | 4  | 4   | 3,87  | 15 |
| 10 Std | 4  | 3   | 3    | 2    | 6   | 5   | 2  | 3   | 3,5   | 14 |
| 11 Std | 1  | 4   | 1    | 1    | 3   | 3   | 4  | 2   | 2,37  | 9  |
| 12 Std | 5  | 2   | 2    | 3    | 4   | 1   | 3  | 2   | 2,75  | 11 |
| 24 Std | 1  | 1   | 0,5  | 1    | 0,5 | 0,5 | 1  | 0,5 | 0,5   | 3  |

Karenz: 3 Tage  
AM: 25%

Ejakulatmenge: 2 ml  
Spermienzahl/ml: 7,2 Mio.

Ejakula tmenge: 1,5 ml  
Spermienzahl/ml: 81,5 Mio.

Table: 1  
Spider: 1

|        |      |      |      |      |      |     |      |      |       |       |    |
|--------|------|------|------|------|------|-----|------|------|-------|-------|----|
| 0 min  | 21   | 19   | 17   | 20   | 28   | 23  | 18   | 28   | 24    | 22    | 37 |
| 30 min | 33   | 27   | 27   | 17   | 26   | 25  | 18,7 | 24   | 23,5  | 24,4  | 40 |
| 60 min | 17   | 21   | 27   | 19   | 24   | 18  | 21,3 |      | 21,04 |       | 36 |
| 90 min | 20,5 | 23,5 | 15   | 20   | 21   | 22  | 20   | 20   | 23    | 20,55 | 35 |
| 2 Std  | 19   | 21   | 21,5 | 21   | 22   | 26  | 15,5 | 17,5 | 17,5  | 20,1  | 34 |
| 3 Std  | 16   | 11   | 15   | 19   | 20   | 20  | 11   | 14   | 15    | 15,66 | 27 |
| 4 Std  | 12   | 18,7 | 17   | 21   | 15,5 | 20  | 14   | 16   | 15    | 16,4  | 26 |
| 5 Std  | 14   | 10,5 | 13   | 11   | 15   | 16  |      |      | 13,25 |       | 22 |
| 6 Std  | 12   | 13   | 12   | 10   | 12   | 9   | 10   | 10   | 11    |       | 18 |
| 7 Std  | 12   | 14   | 15   | 11   | 8    | 7,5 | 12,5 | 11,5 | 12,43 |       | 31 |
| 8 Std  | 10   | 15   | 10,5 | 12   | 8    | 6,5 | 8,5  | 10   | 8,76  |       | 15 |
| 9 Std  | 8,5  | 11   | 7    | 6    | 6    | 7   | 9    | 6    | 7,56  |       | 13 |
| 10 Std | 9    | 6    |      | 8    | 6    | 5   | 12   | 11   | 8,25  |       | 14 |
| 11 Std | 7    | 8,66 | 6    | 5,33 | 8    | 5   | 5,3  | 7,5  | 6,59  |       | 11 |
| 12 Std | 4,66 | 7    | 4,66 | 4    | 9    | 9   | 10   |      | 7,04  |       | 12 |
| 24 Std | 1    | 2    | 1    | 3    | 2    | 1   | 2    | 2    | 1,75  |       | 3  |

Tabelle: 6  
Spender: 6

Endmotilität: %

EM-  
Mittelwert %  
Recovery %

|        |      |      |      |      |    |    |    |    |  |       |    |
|--------|------|------|------|------|----|----|----|----|--|-------|----|
| 10 min | 48   | 53   | 57   | 56,3 |    |    |    |    |  | 53,57 | 60 |
| 30 min | 60   | 50   | 43   | 54   | 50 | 46 | 49 | 51 |  | 50,37 | 57 |
| 60 min | 50   | 44   | 60,5 | 44   | 54 | 52 | 57 | 47 |  | 51,06 | 58 |
| 90 min | 52   | 51   | 52   | 47   | 52 | 50 | 48 | 49 |  | 50,12 | 56 |
| 2 Std  | 50   | 46   | 54   | 56   | 32 | 29 | 28 | 34 |  | 41,12 | 46 |
| 3 Std  | 22,3 | 26   | 19   | 33   | 26 | 27 | 27 | 27 |  | 25,91 | 29 |
| 4 Std  | 23,3 | 26,3 | 23   | 23,3 | 24 | 21 | 27 | 23 |  | 23,86 | 27 |
| 5 Std  | 21   | 21   | 20   | 19   | 19 | 22 | 18 | 26 |  | 20,62 | 23 |
| 6 Std  | 20   | 15   | 22   | 18   | 16 | 20 | 14 | 13 |  | 17,25 | 19 |
| 7 Std  | 17   | 1    | 20   | 15   | 18 | 19 | 18 | 16 |  | 16,55 | 18 |
| 8 Std  | 17   | 17   | 12   | 16   | 13 | 12 | 16 | 16 |  | 14,87 | 16 |
| 9 Std  | 16   | 14   | 12   | 11   | 17 | 14 | 17 | 16 |  | 14,61 | 16 |
| 10 Std | 15   | 10   | 9    | 13   | 14 | 13 | 17 | 15 |  | 13,25 | 15 |
| 11 Std | 9    | 12,6 | 11   | 13   | 7  | 10 | 9  | 10 |  | 10,2  | 10 |
| 12 Std | 7    | 6    | 10   | 4    | 8  | 10 | 5  | 7  |  | 7,12  | 8  |
| 14 Std | 3    | 2    | 3    | 2    | 2  | 4  | 3  | 2  |  | 2,62  | 2  |

Karenz: 3 Tage  
AM: 88%

Ejakulatmenge: 2ml  
Spermienzahl/ml: 86 Mio

Tabell:  
Spender:

Endmotilität: %

Sam-  
Mittelwert Recovery

|        |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |
|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|----|
| 0 min  | 34 | 30 | 34 | 33 | 28 | 37 | 31 | 29 | 31,44 | 47 |
| 20 min | 41 | 33 | 37 | 36 | 31 | 40 | 37 | 45 | 37    | 46 |
| 40 min | 35 | 33 | 35 | 27 | 30 | 28 | 20 | 22 | 28,55 | 41 |
| 60 min | 25 | 31 | 35 | 29 | 27 | 33 | 28 | 28 | 29,32 | 44 |
| 2 Std  | 27 | 33 | 29 | 35 | 41 | 27 | 35 |    | 31,5  | 47 |
| 3 Std  | 21 | 30 | 27 | 24 | 25 | 26 | 27 | 20 | 25    | 37 |
| 4 Std  | 27 | 24 | 25 | 26 | 25 | 27 | 20 | 26 | 2     | 37 |
| 5 Std  | 24 | 21 | 24 | 20 | 22 | 26 | 20 | 20 | 22,12 | 33 |
| 6 Std  | 22 | 19 | 26 | 21 | 16 |    | 17 | 20 | 20    | 30 |
| 7 Std  | 22 | 19 | 23 | 23 | 15 | 16 | 20 | 12 | 19,5  | 31 |
| 8 Std  | 14 | 14 | 13 | 20 | 13 | 15 | 13 | 17 | 14,5  | 23 |
| 9 Std  | 14 | 12 | 15 | 13 | 13 | 11 | 12 | 13 | 15,87 | 19 |
| 10 Std | 12 | 17 | 10 | 17 | 15 | 11 | 18 | 11 | 14,37 | 31 |
| 11 Std | 16 | 11 | 12 | 10 | 10 | 8  | 8  | 11 | 10,5  | 15 |
| 12 Std | 16 | 13 | 12 | 13 | 1  | 13 | 16 | 12 | 13,87 | 1  |
| 24 Std | 13 | 12 | 10 | 14 | 14 | 13 | 10 | 13 | 11,1  | 16 |

Karenz: 3 Tage  
AM: 66%

Ejakulatmenge: 2,6ml  
Spermienzahl/ml: 32 Mio.

Tabelle: 8  
Spender: 8

Endmotilität: %

ML-  
Mittelwert  
Recovery  
%

|        |      |    |    |    |    |    |    |       |    |       |    |
|--------|------|----|----|----|----|----|----|-------|----|-------|----|
| 0 min  | 16,4 | 23 | 28 | 28 | 28 | 29 | 22 | 20    | 21 | 25,05 | 34 |
| 30 min | 39,5 | 29 | 28 | 33 | 27 | 28 | 28 | 22    | 26 | 30,77 | 42 |
| 60 min | 15,5 | 14 | 19 | 25 | 30 | 25 | 24 | 29    | 29 | 13,72 | 32 |
| 90 min | 15   | 18 | 28 | 19 | 20 | 27 | 23 | 30    | 22 | 22,44 | 31 |
| 2 Std  | 18   | 23 | 22 | 18 | 14 | 14 | 12 | 24    | 24 | 18,66 | 25 |
| 3 Std  | 21   | 14 | 20 | 14 | 17 | 10 | 9  | 14    | 14 | 15,77 | 21 |
| 4 Std  | 13   | 14 | 18 | 18 | 18 | 15 | 17 | 14    | 14 | 16,11 | 22 |
| 5 Std  | 11   | 10 | 11 | 18 | 15 | 12 | 12 | 14    | 14 | 12,66 | 17 |
| 6 Std  | 9    | 7  | 8  | 12 | 13 | 13 | 10 | 10,75 | 14 | 10,75 | 14 |
| 7 Std  | 13   | 10 | 9  | 12 | 9  | 14 | 12 | 11    | 15 | 11    | 15 |
| 8 Std  | 7    | 8  | 7  | 7  | 8  | 9  | 6  | 11    | 10 | 7,87  | 10 |
| 9 Std  | 6    | 9  | 3  | 11 | 8  | 10 | 10 | 12    | 11 | 8,88  | 11 |
| 10 Std | 5    | 8  | 7  | 10 | 6  | 10 | 5  | 7,06  | 9  | 7,06  | 9  |
| 11 Std | 3    | 10 | 9  | 7  | 6  | 8  | 7  | 7     | 9  | 7     | 9  |
| 12 Std | 7    | 7  | 5  | 6  | 7  | 8  | 11 | 10    | 10 | 7,82  | 10 |
| 24 Std | 1    | 4  | 5  | 3  | 5  | 5  | 4  | 5     | 4  | 5     | 5  |

Karenz: 8 Tage  
Alt: 72%

Ejakulatmenge: 3,6 ml  
Spermienzahl/ml: 9,7 Mio.

Tabelle 9  
Sprenger:

Endmotilität: %

$\frac{\sum}{10}$   
Mittelwert

Recovery

|         |     |     |      |     |     |     |     |     |   |       |    |
|---------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|---|-------|----|
| 10 min  | 8   | 9   | 12   | 13  | 13  | 13  | 11  | 7   | 8 | 10,44 | 21 |
| 30 min  | 6   | 5   | 12   | 15  | 11  | 11  | 7   | 9   | 7 | 9,44  | 19 |
| 60 min  | 9   | 11  | 12   | 10  | 6   | 10  | 7,1 | 7   | 3 | 6,38  | 17 |
| 90 min  | 13  | 11  | 11   | 12  | 3,3 | 6   | 8   | 5,3 |   | 8,87  | 17 |
| 120 min | 4,6 | 3,3 | 8    | 8   | 6   | 7   | 7   | 5,5 |   | 6,17  | 12 |
| 150 min | 3,3 | 3,3 | 4,6  | 4,6 | 5   | 6   | 4   | 6   |   | 4,6   | 9  |
| 3 Std   | 2,3 | 2   | 1,1  | 5,3 | 4   | 6   |     | 3   |   | 4,16  | 8  |
| 4 Std   | 2   | 1,3 | 5    | 3,3 | 1,3 | 2   | 0,3 | 0,6 |   | 1,97  | 4  |
| 5 Std   | 1,3 | 2   | 1    | 1,3 | 1   | 2   | 0,6 | 1,  |   | 1,3   |    |
| 6 Std   | 0,6 | 1   | 1    | 0,3 | 0,6 | 3   | 0,3 | 1,1 |   | 1,01  |    |
| 7 Std   | 0,3 | 0   | 0    | 0,6 | 1,  | 1,3 | 0   | 0   |   | 0,47  |    |
| 8 Std   | 0   | 0   | 0    | 0,3 | 0   | 0   | 0,6 | 0   |   | 0,11  |    |
| 9 Std   | 0   | 0   | 0    | 0,2 | 0   | 0   | 0,4 | 0   |   | 0,07  |    |
| 10 Std  | 0   | 0   | 0,25 | 0   | 0   | 0   | 0,6 | 0   |   | 0,07  |    |
| 11 Std  | 0   | 0   | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |   | 0     |    |
| 12 Std  | 0   | 0   | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |   | 0     |    |
| 14 Std  | 0   | 0   | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |   | 0     |    |

Karenz: 3 Tage  
AK: 48%  
Ejakul: tm nge: 2,2 ml  
Spermienzahl/ml: 18,7 Mio

Tabelle 10  
Sender 0

Endmotilität %

Mittelwert  
%

|        |     |     |      |     |    |     |     |     |     |       |    |
|--------|-----|-----|------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-------|----|
| 0 min  | 27  | 33  | 26   | 39  | 34 | 27  | 30  | 27  | 34  | 30,77 | 48 |
| 20 min | 25  | 39  | 39   | 32  | 37 | 25  | 29  | 36  | 32  | 32,66 | 51 |
| 60 min | 24  | 21  | 23   | 25  | 24 | 26  | 27  | 26  | 24  | 24,44 | 38 |
| 90 min | 28  | 30  | 32   | 25  | 25 | 25  | 25  | 19  | 27  | 25,77 | 40 |
| 2 Std  | 20  | 19  | 20   | 18  | 23 | 24  | 23  | 23  | 17  | 20,77 | 32 |
| 3 Std  | 16  | 14  | 12   | 11  | 12 | 12  | 18  | 12  | 19  | 14,66 | 23 |
| 4 Std  | 11  | 10  | 15   | 12  | 16 | 13  | 17  | 15  | 15  | 13,77 | 22 |
| 5 Std  | 8   | 9   | 8    | 12  | 9  | 13  | 16  | 12  | 12  | 11    | 17 |
| 6 Std  | 14  | 12  | 12   | 11  | 10 | 7   | 14  | 12  | 12  | 11,5  | 18 |
| 7 Std  | 7,5 | 10  | 12,5 | 12  | 6  | 10  | 12  | 12  | 12  | 10,25 | 16 |
| 8 Std  | 8,5 | 11  | 7    | 9   | 7  | 9   | 8   | 8   | 8   | 7,43  | 12 |
| 9 Std  | 6   | 7   | 8    | 7,5 | 8  | 8   | 7   | 5   | 5   | 7,06  | 11 |
| 10 Std | 6   | 4   | 4    | 5   | 6  | 7   | 6,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5   | 9  |
| 11 Std | 3   | 2   | 6    | 2   | 6  | 3,5 | 4   | 6   | 6   | 4,06  | 6  |
| 12 Std | 2   | 1,5 | 2    | 2,5 | 4  | 2,5 | 4   | 2   | 2   | 2,56  | 4  |
| 24 Std | 1   | 0   | 0,5  | 0   | 0  | 1   | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,43  | 1  |

Karenz: 3 Tage  
AW: 64%

Ejakulatmenge: 3,6 ml  
Spermienzahl/ml: 14,4 Mio.

Tabelle: 11

Durchschnittswerte aller Recoveryraten zeichnerisch dargestellt

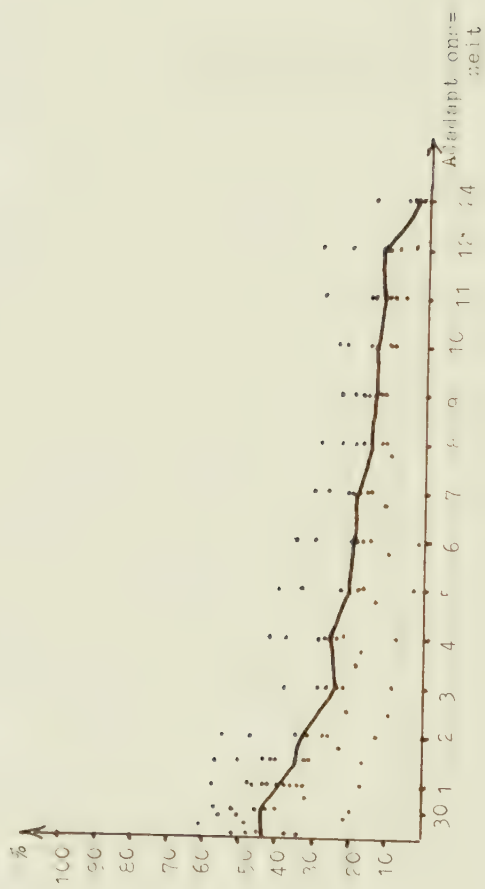


Tabelle: 12

Rangzahlen und Rangsummen zur Berechnung des  
Friedman-Tests

| Spender                           | 0 min | 30 min | 60 min | 90 min | 2 Std | 8 Std |
|-----------------------------------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 1                                 | 6     | 5      | 3      | 4      | 2     | 1     |
| 2                                 | 6     | 5      | 4      | 3      | 2     | 1     |
| 3                                 | 5     | 6      | 4      | 3      | 2     | 1     |
| 4                                 | 4     | 6      | 2      | 3      | 5     | 1     |
| 5                                 | 6     | 4      | 5      | 3      | 2     | 1     |
| 6                                 | 5     | 6      | 4      | 3      | 2     | 1     |
| 7                                 | 4     | 5      | 2      | 3      | 6     | 1     |
| 8                                 | 4     | 5      | 6      | 3      | 2     | 1     |
| 9                                 | 5     | 6      | 4      | 3      | 2     | 1     |
| 10                                | 6     | 5      | 4      | 3      | 2     | 1     |
| Rang-<br>summen<br>R <sub>j</sub> | 51    | 53     | 38     | 31     | 27    | 10    |

$$T = \frac{12}{rk(k+1)} \sum_{j=1}^k R_j^2 3r(k+1)$$

$$T = 36,97118$$

r = Anzahl der Ejakulate  
k = Anzahl der Verfahren

Der Tafelwert für:

$$x_2 \text{ FG}=5; \alpha=10\% = 21,7$$

$$x_2 \text{ FG}=5; \alpha=5\% = 23,8$$

$$x \text{ FG}=5; \alpha=1\% = 28,1$$

Berichtigung von Kendall- Smith:

$$T'' = r(k-1) \frac{\frac{rk(k+1)}{12} \frac{T}{42} - 1}{\frac{r(k-k)}{12} + 2} = 37$$

$$F = \frac{(r-1) T''}{r(k-1) - T''} = 25,6$$

Tabelle:13

|                | 8 Std<br>(10) | 2 Std<br>(27) | 90 min<br>(31) | 60 min<br>(38) | 0 min<br>(51) | 30 min<br>(53) |
|----------------|---------------|---------------|----------------|----------------|---------------|----------------|
| 8 Std<br>(10)  | 0             | <u>17</u>     | <u>21</u>      | <u>29</u>      | <u>41</u>     | <u>43</u>      |
| 2 Std<br>(27)  |               | 0             | 4              | 11             | <u>24</u>     | <u>26</u>      |
| 90 min<br>(31) |               |               | 0              | 7              | <u>20</u>     | <u>22</u>      |
| 60 min<br>(38) |               |               |                | 0              | <u>13</u>     | <u>15</u>      |
| 0 min<br>(51)  |               |               |                |                | 0             | 2              |
| 30 min<br>(53) |               |               |                |                |               | 0              |

signifikante Differenzen sind unterstrichen:

$$\text{---} \overset{2}{x}(5FG; \alpha=5\%) = 11,0705$$

$$\text{---} \overset{1}{x}(5FG; \alpha=1\%) = 15,0863$$

$$\text{---} \overset{2}{x}(5FG; \alpha=1\%) = 20,515$$

## Literatur

1. Behrman, S.J.,  
D.R. Ackerman      Freeze preservation of human sperm.  
Amer. J. Obstet. Gynec. 103, 654-664  
(1969)
2. Behrman, S.J., Y. Sawada      Heterologous and homologous inseminations with human semen frozen and stored in a liquid nitrogen refrigerator.  
Fertil. Steril. 17, 457 (1966)
3. Berndtson, W.E.,  
R.H. Foote      The survival of frozen bovine spermatozoa following minimum exposure to glycerol.  
Cryobiology 5, 398 (1969)
4. Bregulla, K., G. Staeps,  
R. Hahn, P. Hiltl      Die Abhängigkeit der Spermienmotilität bei der Tiefkühlkonservierung von der Art der Abfülltechnik und Verpackung.  
Z. Hautkrankh. 49, 25-29 (1974)
5. Bregulla, K.,  
R. Sadowski      Die Insemination. Indikation, Technik, Ergebnisse.  
Geburtsh. u. Frauenhk. 32, 802-813  
(1972)
6. Leipnitz, Chr.      Ein Beitrag zur Tiefkühlung von Rindersperma in Pillenform: Kennzeichnung der Pillen.  
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 74, 257-259 (1967)
7. Lorrmann, W.      Die Möglichkeit einer Samenmischung bei der Anwendung der Pelletmethode nach NAGASE.  
VI<sup>e</sup> Cong. Intern. Reprod. Anim. Insem. Artif., Paris, 1968, Vol. II, 1081-1083
8. Matheson, G.W.,  
L. Carlborg, C. Gemzell      Frozen human semen for artificial insemination.  
Amer. J. Obstet. Gynec. 104, 495-501 (1969)
9. Merkt, H., K.-F. Weitze,  
W. Lorrmann      Kapselpellets mit Deckel, eine Möglichkeit zur Vervollkommnung der Pelletmethode bei der Tiefgefrierkonservierung von Bullensperma.  
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 74, 505-507 (1967)
10. Müller, W.,  
Chr. Leipnitz,  
D. Strauch      Übertragungsversuche mit *Serratia marcescens* bei der Verwendung von Tiefkühlsperma.  
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 64-66 (1968)

11. Paufler, S.K. u. Mitarb. Künstliche Besamung und Eitransplantation bei Tier und Mensch. Band I. Hannover: M. & H. Schaper 1974.
12. Piasecka-Serafin, M., S. Wierzbowski Bacteria translocalisation in pelleted semen by liquid nitrogen. Fortpfl. Haust. 6, 365-368 (1970)
13. Sherman, J.K. Synopsis of the use of frozen human semen since 1964: State of the art of human semen banking. Fertil. Steril. 24, 397-412 (1973)
14. Vasterling, H.W. Die künstliche Besamung beim Menschen. In: Paufler, S.K. u. Mitarb., Künstliche Besamung und Eitransplantation bei Tier und Mensch. Band I, 156-186. Hannover: M. & H. Schaper 1974

## Lebenslauf

Am 9. Oktober 1948 wurde ich als erstes Kind des damaligen Hauptlehreres Karl Rudofsky und seiner Ehefrau Berta, geborene Heidler, in Steinmühle/Bayern geboren.

Nach fünfjährigem Besuch der Volksschule trat ich im Herbst 1960 in das naturwissenschaftliche Gymnasium in Regensburg ein, wo ich im Juli 1969 die Reifeprüfung ablegte.

Seit dem Wintersemester 1969/70 studierte ich drei Semester Humanmedizin an der Universität Köln. Vom Sommersemester 1971 an bin ich an der Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg immatrikuliert. Die ärztlich Vorprüfung bestand ich am 5. August 1972. Die ärztliche Prüfung (Staatsexamen) bestand ich am 2. Februar 1976.

Erlangen, im Februar 1976

Rainer Rudofsky





## Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 8520 Erlangen, Hauptstr. 109 (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990